

Priorização de indicadores para avaliação de eficiência operacional de terminais de contêineres**Prioritization of indicators for evaluating the operational efficiency of container terminals**

DOI:10.34117/bjdv6n1-004

Recebimento dos originais: 30/11/2019

Aceitação para publicação: 02/01/2020

Lívia Maia Braga

Mestre em Engenharia de Produção

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Rua Iguape, n.113 - Vila Tupi, Registro/SP. CEP:11900-000.

E-mail:limaibraga@gmail.com

Robson Selene

Doutor em Engenharia de Produção

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico - Setor de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Caixa Postal 19011, Jardim das Américas, Curitiba/PR. CEP:81531-990.

E-mail:robsonseleme@hotmail.com

RESUMO

O transporte costuma representar a maior parte do custo de uma operação logística, e modal marítimo é o mais utilizado no comércio internacional. O transporte de carga containerizada é predominante nesse contexto e os terminais de contêineres vêm enfrentando cada vez mais desafios para se manter eficientes e competitivos. Uma grande dificuldade enfrentada é a falta de indicadores operacionais padronizados que possibilitem uma avaliação da eficiência operacional mais realista e que auxilie em tomadas de decisões mais assertivas. A presente pesquisa tem o objetivo de determinar quais são os indicadores operacionais de terminais de contêineres mais relevantes a serem considerados em uma avaliação abrangente e representativa da sua eficiência operacional. Para isso foi realizada uma revisão cuidadosa da literatura a fim de entender melhor o contexto em que se insere e levantar quais são os indicadores operacionais de terminais de contêineres mais utilizados; em seguida foi determinado uma hierarquia geral da relevância dos indicadores mais utilizados; finalmente, por meio de uma análise *scree plot* da variância entre as relevâncias de cada um dos indicadores, foram determinados quais são os indicadores prioritários. Foram selecionados 16 indicadores prioritários e determinada uma hierarquia com a relevância de cada um em relação aos demais. Também foi identificada a falta de padronização de equações para a obtenção do resultado desses indicadores como uma oportunidade de pesquisa futura, o que deve possibilitar um *benchmarking* entre terminais de contêineres mais realista e auxiliar para tomadas de decisão mais assertivas.

Palavras chave: Terminal de contêiner, indicador operacional, eficiência operacional.

ABSTRACT

Transport usually accounts for most of the cost of a logistics operation, and maritime modal is the most used in international trade. Containerized cargo transportation is predominant in this context and container terminals are increasingly facing challenges to remain efficient and competitive. A major difficulty faced is the lack of standardized operational indicators that allow a more realistic evaluation of operational efficiency and that assists in more informed decisions. The present research has the objective of determining which are the operational indicators of the most relevant container terminals to be considered in a comprehensive evaluation and representative of their operational efficiency. For this, a careful review of the literature was carried out in order to better understand the context in which it is inserted and to determine which are the operational indicators of most used container terminals; then a general hierarchy of the relevance of the most commonly used indicators was determined; finally, by means of a scree plot analysis of the variance between the relevancies of each of the indicators, the priority indicators were determined. Sixteen priority indicators were selected and a hierarchy was defined with the relevance of each one in relation to the others. It was also identified the lack of standardization of equations to obtain the result of these indicators as an opportunity for future research, which should enable a more realistic benchmarking between container terminals and help for more informed decision making.

Keywords: Container terminal, operational indicator, operational efficiency.

1 INTRODUÇÃO

A logística consiste no gerenciamento estratégico da aquisição, movimentação e armazenagem de materiais visando reduzir custos (CHRISTOPHER, 2007). O seu objetivo é disponibilizar produtos e serviços no local e no momento desejados, oferecendo o melhor nível de serviço ao cliente pelo menor custo total possível. (BOWERSOX e CLOSS, 2010).

Dentre as atividades logísticas transporte costuma ser o elemento mais expressivo em termos de custo, uma vez que a movimentação de carga pode chegar a absorver de um a dois terços do total de custos logísticos. (BALLOU, 2010).

O modal aquaviário é o mais utilizado para o comércio internacional e o mais barato em se tratando de grandes quantidades embarcadas e longas distâncias percorridas (CHOPRA e MEINDL, 2003). Uma vez que o transporte intercontinental é realizado, em grande parte, através de linhas regulares de transporte marítimo, o acesso a esses serviços se torna um aspecto crucial que afeta diretamente a competitividade no comércio. (ZARZOSO e HOFFMANN, 2007).

Espera-se que o transporte marítimo siga sendo o mais utilizado na movimentação de longo curso, e a chamada ‘revolução do contêiner’ veio corroborar com essa tendência ao transformar e aprimorar radicalmente a movimentação de cargas gerais”. (NOBRE, 2006).

A containerização consiste na unitização de mercadorias de diferentes formas e tamanho, transportando-as dentro de contêineres, o que permite que a carga seja convenientemente carregada e intercambiada entre diferentes modalidades de transporte (MOURA & BANZATTO, 2007), uma vez que o contêiner padrão é transferível a todos os modais de transporte de superfície, exceto o dutoviário. (BALLOU, 2010).

A utilização de contêineres possui importantes vantagens em relação aos graneis convencionais, como menor utilização de embalagem no produto, minimização do risco de danos à carga, aumento de produtividade, segurança e padronização, além de maior rapidez e facilidade de manuseio (HSU, 2015). Essas vantagens auxiliam ainda na confiabilidade de entrega dos produtos no local requerido, respeitando os prazos e as condições estipulados (REICHER e VACHAL, 2003) e ainda com o diferencial de ser um utilitário que permite uma forma de transporte mais limpa e barata que os demais modais (JIANG et al, 2015).

As empresas tendem a utilizar navios porta-contêineres uma vez que estes lhes proporcionam as melhores combinações de serviço navio-caminhão ou navio-trem. Esse fator é importante pois o frete containerizado quando combinado com um modal terrestre oferece uma capacidade de serviço porta a porta por um custo de transbordo reduzido, quando em relação à alta onerosidade de transferência de pequenas cargas entre modais. (BALLOU, 2010).

Ainda que com tantas vantagens, a introdução dos contêineres gerou um grande desafio que foi a necessidade de mudança no layout de terminais de portos, como a adequação da área de armazenamento e a introdução de equipamentos específicos para a manipulação desses contêineres. (PRESTON & KOZAM, 2001).

Os portos desempenham um papel de grande importância nos negócios internacionais, pois neles os navios carregam e/ou descarregam suas mercadorias (RASHID e TSANG, 2013). No caso dos navios com cargas containerizadas o fazem nos chamados terminais de contêineres.

Os terminais de contêineres por sua vez são os responsáveis por realizar a conexão entre os modais terrestre e marítimo, se tornando então o elemento central de qualquer sistema de transporte. (TOVAR, HERNÁNDEZ e RODRÍGUEZ-DÉNIZ, 2015).

A grande alteração no modo de armazenamento e transporte de mercadorias causada pela introdução dos contêineres (PRESTON & KOZAM, 2001; NOBRE, 2006) teve como consequência a facilitação do manuseio de mercadorias, através da redução da quantidade de volumes manipulados, da otimização do uso de equipamentos, da diminuição do tempo de embarques e desembarques, e, assim, acarretando redução dos custos (NOBRE, 2006). Outro ganho dessa revolução foi a otimização da capacidade de empilhamento dos recipientes, o que aumentou expressivamente a quantidade de carga que pode ser armazenada no porto utilizando uma área menor de solo. (PRESTON & KOZAM, 2001).

Encarados os desafios, tantas vantagens competitivas fizeram o transporte de carga geral em contêiner crescer, ocupando hoje a posição de maior importância na circulação de mercadorias no comércio internacional (SHAN, YU e LEE, 2014), (JIANG et al, 2015).

Estima-se que 90% do total de mercadorias transportadas no mundo sejam movimentadas em contêineres (OCCHI, ALMEIDA, e ROMANI, 2015), e com o aumento constante no transporte marítimo da carga containerizada a quantidade de terminais de contêineres também tem aumentado expressivamente, assim como a competição entre eles. (KIM, 2005).

As principais funções dos citados terminais são: entregar contêineres a consignatários, receber contêineres de carregadores, carregar e descarregar contêineres de embarcações, e armazená-los temporariamente para maximizar a eficiência do equipamento ou compensar a diferença entre os horários de chegada dos transportadores marítimos e terrestres (ZHANG et al, 2002; CHRISTIANSEN, FAGERHOLT e RONEN, 2004).

Há três tipos de operações de movimentação em terminais de contêineres: entrega e recebimento de contêineres em caminhões e/ou trens, movimentação e armazenagem de contêineres no pátio, e operações em navios (KIM, 2005).

Os terminais de contêineres podem ser caracterizados pelas suas instalações e equipamentos (STEENKEN, VOB e STAHLBOCK, 2004). Tais estruturas incluem: tamanho do pátio, quantidade de locais de atracação de navios (berços), portões de entrada de veículos (*gates*), quantidade de operadores, guindantes de cais (portêineres), guindastes de pátio (transtêineres), e outros equipamentos de movimentação (KIM, 2005).

O pátio de armazenamento de contêineres do terminal funciona como um *buffer* temporário para manutenção de contêineres de entrada e saída, e pode ser dividido em várias áreas chamadas zonas. Em cada zona, os contêineres são justapostos lateralmente e

empilhados para formar uma estrutura retangular, que é chamada de bloco (ZHANG et al., 2002).

Há evidências de que o pátio de contêineres desempenha um papel importante na produtividade global do terminal (GEBRAEEL e LAWLEY, 2001) uma vez que a eficiência e a qualidade da gestão das operações do pátio podem afetar todas as decisões do terminal relacionadas à alocação de equipamentos de manuseio e ao agendamento de todas as demais atividades. Um desafio é determinar a melhor localização para cada zona de contêineres de entrada e saída. (RASHID e TSANG, 2013).

Outra situação enfrentada está relacionada ao tamanho dos navios de contêineres, que vem aumentando constantemente, e à velocidade dos equipamentos de carga e descarga, que precisam aumentar de forma dramática. Além disso, deverão ser enfrentados outros desafios, como o aumento da profundidade do berço de atracação e canal de acesso aos portos, para que o porto se mantenha competitivo (KIM, 2005). Estes fatos evidenciam a necessidade de melhoria no desempenho das atividades dos terminais de contêineres (RODRIGUES, 2016).

O grau de competitividade de um porto está diretamente relacionado aos critérios de tomadas de decisão por parte dos transportadores no momento de seleção do porto, sendo que os mais atrativos são, em geral, os que apresentam melhores indicadores de confiabilidade e de eficiência nos serviços oferecidos, em conjunto com um diferencial econômico. (JIANG et al, 2015), (TALLEY e NG, 2013).

Os indicadores operacionais utilizados no setor portuário permitem qualificar os serviços em cada porto e também possibilitar o *benchmarking*, a fim de, não só monitorar a evolução do processo, mas também fazer comparações evolutivas de desempenho em relação a outros terminais (CARDOSO JUNIOR, 2008), auxiliando assim em tomadas de decisão e na priorização de ações.

O contínuo esforço pela melhoria das operações dos terminais de contêineres é a forma mais eficaz de se alcançar avanços no desempenho dos sistemas de transporte deste setor, uma vez que, na prática, a parte mais complexa dos sistemas de transporte de contêineres é a operacional (HSU, 2013).

Métricas encorajam gestores a tomarem decisões e funcionários a adotarem ações que acreditam serem as melhores para alcançar as metas e objetivos. Quando essas métricas são bem escolhidas as decisões tomadas tendem a ser acertivas (HAUSER e KATZ, 1998).

Indicadores são, de forma geral, índices utilizados para mensurar parâmetros de um processo. Esses índices podem apresentar diversas formas e complexidades e são cruciais na gestão

estratégica e operacional de uma organização (MARTINS e LAUGENI, 2005), além de também apresentarem medidas que auxiliam na avaliação de atributos particulares e fornecem base para as tomadas de decisão. (NIEDRITIS, NIEDRITE, KOZMINA, 2011).

Indicadores de desempenho servem para mensurar e quantificar metas, articular a estratégia da empresa, comunicar esta estratégia, e ajudar a alinhar iniciativas individuais, organizacionais e interdepartamentais buscando alcançar um objetivo comum (KAPLAN e NORTON, 1997).

Com a intenção de padronizar uma unidade de medida mais precisa para o desempenho de terminais de contêineres, implementou-se como base o TEU (do inglês, *Twenty-foot Equivalent Units*) (WORLD SHIPPING, 2018), que representa um contêiner de 8 pés de largura, 8 pés de altura e 20 pés de comprimento, o equivalente a aproximadamente 2,4 metros de largura por 2,4 metros de altura e 6,1 metros de comprimento, de modo que um contêiner padrão com oito pés de largura e 40 pés de comprimento, por exemplo, equivale a dois TEUs (BALLOU, 2010).

Alguns indicadores podem parecer complexos de se determinar, por outro lado muitos que parecem corretos e simples de medir podem vir a ser contraproducentes. A chave para o sucesso é a acurácia das decisões e ações tomadas após a análise dos resultados dos indicadores escolhidos (HAUSER e KATZ, 1998).

A medição do desempenho portuário é essencial para administradores, gestores, planejadores, autoridades e operadores portuários de todas as organizações que, de terra ou mar, necessitam dos serviços de um porto (VERHOEVEN, 2010; DE LANGEN e SHARYPOVA, 2013).

Atualmente ainda não existem indicadores padronizados para mensurar a eficiência das atividades portuárias. Isso ocorre devido à grande variedade de indicadores adotados, os quais são medidos por cada terminal de diferentes maneiras, uma vez que os utilizam com vieses distintos de acordo com a conveniência e o interesse de cada terminal. (TAPIA et al., 2014). Há 38 indicadores operacionais usuais de terminal de contêiner que podem ser classificadas em cinco dimensões de acordo com a sua especificidade, sendo elas respectivamente com grau decrescente de prioridade: Produtividade, Financeiro e Custos, Equipamentos e Infraestrutura, Ocupação e Armazenagem, e Manutenção. Também pode ser identificada uma hierarquia de importância dos indicadores dentro de cada dimensão. (RODRIGUES, 2016).

O ranking de prioridade desses indicadores foi determinado por meio do método AHP. Depois de agrupar os indicadores nas cinco dimensões de acordo com sua especificidade, as

dimensões foram ranqueadas quanto à sua prioridade em comparação umas com as outras, e cada indicador foi ranqueado quanto à sua prioridade em relação aos demais indicadores da mesma dimensão. A Figura 1 traz as prioridades de cada indicador dentro de cada dimensão e também as prioridades destas. (RODRIGUES, 2016).

INDICADORES OPERACIONAIS DE TERMINAIS DE CONTÊINERES			
Relevância da dimensão	Dimensão	Indicador	Relevância geral do indicador
38%	Produtividade	Quantidade de TEUs movimentados	11%
		Prancha média	11%
		Produtividade dos equipamentos	8%
		Demanda de movimentação	7%
		Tempo médio de espera do navio	6%
		Tempo que o navio ficou atracado	6%
		Tempo médio de operação	6%
		Frequência de perdas e danos	5%
		Produtividade do berço de atracação	5%
		Tempo que o caminhão externo permanece no terminal	4%
		Tempo médio do percurso de carga/descarga do caminhão	4%
		Tempo de espera dos caminhões na fila do terminal	4%
		Velocidade de operação dos equipamentos	4%
		Utilização do <i>gate</i>	4%
		Taxa de utilização dos equipamentos	4%
		Taxa terno	4%
		Tempo ocioso dos equipamentos	3%
		Quantidade de viagens por veículo	3%
24%	Financeiro e Custos	Capital investido em infraestrutura	29%
		Custo da operação	27%
		Custo da mão de obra	25%
		Custo da manutenção	19%
15%	Equipamentos e Infraestrutura	Quantidade de portêineres e transtêineres	22%
		Comprimento e profundidade do cais e do canal de acesso	21%
		Quantidade de veículos utilizados	18%
		Equipamentos acessórios	17%
		Proximidade entre o berço e o bloco de carga no pátio	10%
		Conectividade intermodal	6%
		Número de tomadas <i>refeer</i>	6%
13%	Ocupação e Armazenagem	Ocupação do pátio	28%
		Capacidade de armazenamento do pátio	23%
		Tempo de permanência do contêiner no terminal	18%
		Tempo de permanência gratuito da carga no terminal	16%
		Capacidade do armazém	8%
		Ocupação do armazém	6%
10%	Manutenção	Quebra de equipamento	59%
		Disponibilidade dos equipamentos	21%
		Confiabilidade dos equipamentos	20%

Figura 1 – Hierarquia dos indicadores de terminal de contêineres

Fonte: Adaptado de RODRIGUES, 2016

É importante perceber na Figura 1 que o índice de relevância de cada indicador no ranking não é absoluto e sim relativo, pois avalia a importância de cada um em relação apenas

aos outros indicadores classificados na mesma dimensão, e não em relação a todos os outros 37 indicadores.

Com base no contexto apresentado, a presente pesquisa buscou priorizar os indicadores a fim de auxiliar os terminais de contêineres ou pesquisadores que buscam determinar um modelo de avaliação de eficiência operacional de terminais de contêineres que compreenda apenas os indicadores mais relevantes.

2 METODOLOGIA

Essa pesquisa é constituída de dez etapas, conforme ilustrado na Figura 2.

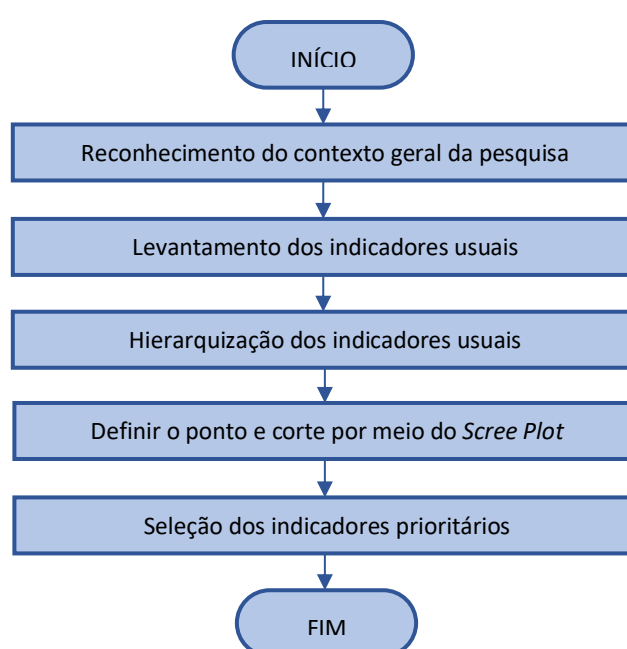


Figura 2 – Etapas de condução da pesquisa

Fonte: Elaboração própria

Inicialmente foi realizada uma revisão detalhada da literatura a fim de se conhecer o contexto geral em que a pesquisa se insere, além de se compreender conceitos importantes para o atingimento do seu objetivo.

Por meio da mesma revisão bibliográfica foi realizado o levantamento dos indicadores usualmente adotados pelos terminais de contêineres na avaliação e acompanhamento da sua eficiência operacional.

Uma vez levantados os dados necessários a partir da revisão de literatura, foi importante hierarquizar os indicadores de maneira geral, comparando-os não só em relação

aos outros indicadores da sua dimensão mas também com todos os outros indicadores levantados.

A fim de não penalizar os indicadores que compõem as dimensões com maior quantidade de fatores e nem beneficiar os que compõem as dimensões com menor quantidade, foi considerado para o cálculo da relevância geral de cada indicador não só os pesos dele mesmo e da sua dimensão mas também a quantidade de indicadores ali agrupados, de forma a equilibrar os índices. Isso resultou em um índice adimensional que se deu da seguinte forma:

$$RG_x = RR_x \times R_D \times Q_{D_x} \quad (1)$$

Onde: RG_x = Relevância geral do indicador x ;

RR_x = Relevância relativa do indicador x ;

RD_x = Relevância da dimensão D que compreende o indicador x ;

Q_{D_x} = Quantidade total de indicadores que compõem a dimensão D que compreende o indicador x .

Em seguida os indicadores foram organizados e listados em ordem decrescente de relevância, para que então esses dados fossem impressos em um gráfico *Scree Plot*, que consiste em um gráfico de segmento de linha simples que mostra a variação nos dados.

Observando esses dados é definido o ponto de corte onde houver uma queda abrupta do índice de importância entre dois fatores. Os indicadores posicionados à esquerda da linha de corte serão os considerados mais relevantes.

Uma vez que se trata de uma priorização de indicadores que futuramente podem vir a compor um modelo de avaliação operacional de terminais de contêineres, foi definido que é importante haver pelo menos um indicador de cada dimensão, a fim de que todas sejam consideradas e representadas. Caso depois da determinação do ponto de corte não houvesse pelo menos um indicador de cada dimensão à sua esquerda, seriam priorizados também o indicador mais relevante de cada dimensão que ainda não estivesse representada na lista dos prioritários.

O pesquisador também guardou a possibilidade de priorizar algum indicador que não tivesse sido selecionado na análise quantitativa mas que demonstrasse ser importante na composição do modelo por critério qualitativo com base na relação de experiência.

Finalmente, o resultado dessas análises foi apresetando em uma figura, onde contam os indicadores prioritários com seus índices finais de relevância, que foram calculados como

a porcentagem do seu índice geral de relevância em relação ao somatório total dos índices gerais de relevância dos indicadores prioritários. A expressão 2 vem demonstrar esse cálculo.

$$RF_x = \frac{RG_x}{\sum_{i=1}^n RG_i} \quad (2)$$

Onde: RF_x = Relevância final do indicador x ;

RG_x = Relevância geral do indicador x ;

RG_i = Relevância geral do indicador i selecionado como prioritário;

n = Quantidade de indicadores selecionados como prioritários.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão da literatura apresentada na primeira seção da presente pesquisa não só veio nos ajudar a entender o cenário geral estudado como também apresentou uma lista com os 38 indicadores operacionais de terminais de contêineres mais usuais, conforme já apresentados na Figura 1.

O índice de relevância geral de cada indicador foi obtido por meio da aplicação da Equação 1 apresentada anteriormente. O memorial de cálculo do índice do primeiro indicador, quantidade de TEUs movimentados, é apresentado como exemplo, e os resultados obtidos para todos os outros indicadores podem ser encontrados na Figura 3, que traz os indicadores já na ordem decrescente de relevância geral.

$$RG_{\text{Quantidade de TEUs movimentados}} = 0,11 \times 0,38 \times 18 = 0,7524$$

Indicador	Relevância geral do indicador
Quantidade de TEUs movimentados	0,7524
Prancha média	0,7524
Produtividade dos equipamentos	0,5472
Demanda de movimentação	0,4788
Tempo médio de espera do navio	0,4104
Tempo que o navio ficou atracado	0,4104
Tempo médio de operação	0,4104
Frequência de perdas e danos	0,3420
Produtividade do berço de atracação	0,3420
Capital investido em infraestrutura	0,2784
Tempo que o caminhão externo permanece no terminal	0,2736
Tempo médio do percurso de carga/descarga do caminhão	0,2736

Tempo de espera dos caminhões na fila do terminal	0,2736
Velocidade de operação dos equipamentos	0,2736
Utilização do <i>gate</i>	0,2736
Taxa de utilização dos equipamentos	0,2736
Taxa termo	0,2736
Custo da operação	0,2592
Custo da mão de obra	0,2400
Quantidade de portêineres e transtêineres	0,2310
Comprimento e profundidade do cais e canal de acesso	0,2205
Ocupação do pátio	0,2184
Tempo ocioso dos equipamentos	0,2052
Quantidade de viagens por veículo	0,2052
Quantidade de veículos utilizados	0,1890
Custo da manutenção	0,1824
Capacidade de armazenamento do pátio	0,1794
Equipamentos acessórios	0,1785
Quebra de equipamento	0,1770
Tempo de permanência do contêiner no terminal	0,1404
Tempo de permanência gratuito da carga no terminal	0,1248
Proximidade entre o berço e o bloco de carga no pátio	0,1050
Conectividade intermodal	0,0630
Número de tomadas <i>refeer</i>	0,0630
Disponibilidade dos equipamentos	0,0630
Capacidade do armazém	0,0624
Confiabilidade dos equipamentos	0,0600
Ocupação do armazém	0,0468

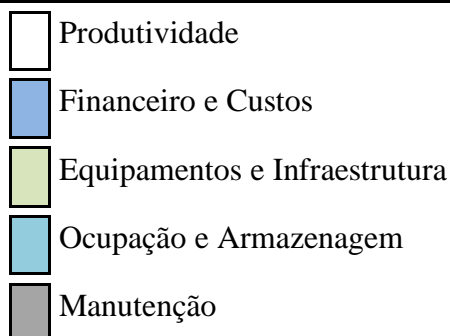


Figura 3 – Relevância geral dos indicadores de terminal de contêineres

Fonte: Elaboração própria

A partir desses dados organizados, construiu-se o gráfico demonstrado na Figura 4, que traz o *Scree Plot* da relevância dos indicadores em ordem decrescente, assim como a linha de corte e os indicadores considerados prioritários até essa etapa.

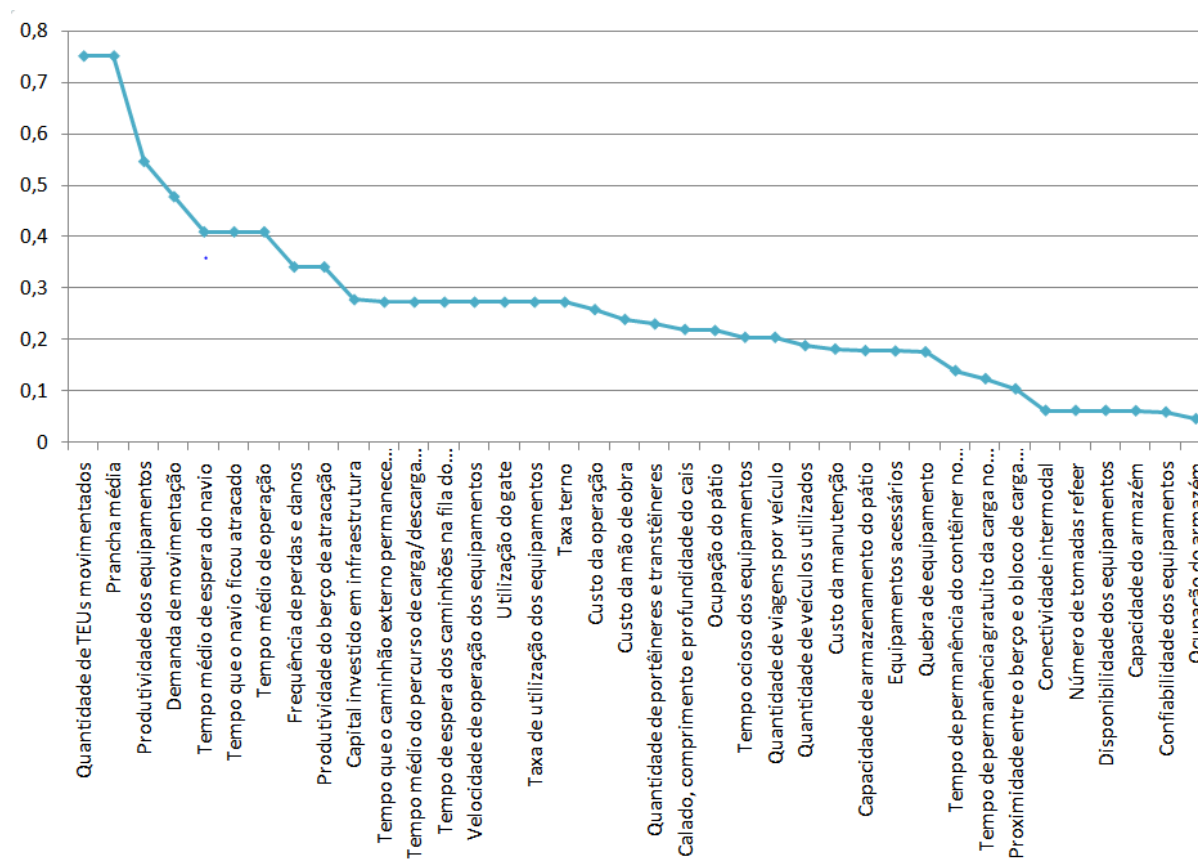


Figura 4 – *Scree plot* da relevância geral dos indicadores com a linha de corte de priorização

Fonte: Elaboração própria

A priorização por meio do *scree plot* selecionou 10 indicadores, representando apenas duas dimensões: Produtividade e Financeiro e Custos.

Com a intenção de representar todas as dimensões serão selecionados mais três indicadores, o mais representativo de cada uma das dimensões faltantes, sendo eles: quantidade de portêineres e transtêineres, da dimensão Equipamentos e Infraestrutura, ocupação do pátio, da dimensão Ocupação e Armazenagem, e quebra de equipamento, referente à Manutenção.

Além destes 13, serão priorizados mais três indicadores de extrema importância, sendo eles:

a) a taxa terno, que faz referência à quantidade de transtêineres que podem trabalhar em cada navio. Esse indicador é utilizado na avaliação de terminais de contêineres pois diferencia, entre outros fatores, os terminais que conseguem acessar os navios por dois lados diferentes, e tem impacto direto no resultado de outros indicadores selecionados, como a quantidade de TEUs movimentados e a prancha média;

b) o custo da operação, que tem impacto direto no diferencial econômico oferecido aos transportadores, que têm esse como um dos principais critérios de seleção do porto a ser utilizados;

c) o comprimento e profundidade do cais e canal de acesso, que demonstra ser um desafio enfrentado pelos terminais devido ao constante crescimento dos navios porta contêineres.

A Figura 5 apresenta a lista de indicadores priorizados e a respectiva relevância geral, assim como o somatório dos índices de relevância para auxiliar no cálculo da relevância final dos indicadores prioritários.

Indicador	Relevância geral do indicador
Quantidade de TEUs movimentados	0,7524
Prancha média	0,7524
Produtividade dos equipamentos	0,5472
Demanda de movimentação	0,4788
Tempo médio de espera do navio	0,4104
Tempo que o navio ficou atracado	0,4104
Tempo médio de operação	0,4104
Frequência de perdas e danos	0,3420
Produtividade do berço de atracação	0,3420
Capital investido em infraestrutura	0,2784
Taxa terno	0,2736
Custo da operação	0,2592
Quantidade de portêineres e transtêineres	0,2310
Comprimento e profundidade do cais e do canal de acesso	0,2205
Ocupação do pátio	0,2184
Quebra de equipamento	0,1770
TOTAL:	6,1041

Figura 5 – Indicadores priorizados, com o somatório das relevâncias gerais

Fonte: Elaboração própria

O índice de relevância final de cada indicador foi obtido por meio da aplicação da Equação 2 apresentada anteriormente. O memorial de cálculo do índice do primeiro indicador, quantidade de TEUs movimentados, é apresentado como exemplo, e os resultados obtidos para

todos os outros podem ser encontrados no Figura 6, que traz os indicadores em ordem decrescente de prioridade.

$$RF_{\text{Quantidade de TEUs movimentados}} = \frac{0,7524}{6,1041} = 12,33\%$$

Indicador	Relevância final do indicador
Quantidade de TEUs movimentados	12,33%
Prancha média	12,33%
Produtividade dos equipamentos	8,97%
Demanda de movimentação	7,84%
Tempo médio de espera do navio	6,72%
Tempo que o navio ficou atracado	6,72%
Tempo médio de operação	6,72%
Frequência de perdas e danos	5,60%
Produtividade do berço de atracação	5,60%
Capital investido em infraestrutura	4,56%
Taxa terno	4,48%
Custo da operação	4,25%
Quantidade de portêineres e transtêineres	3,79%
Comprimento e profundidade do cais e do canal de acesso	3,61%
Ocupação do pátio	3,58%
Quebra de equipamento	2,90%

Figura 6 – Relevância final dos indicadores priorizados

Fonte: Elaboração própria

Finalmente, foram selecionados 16 indicadores de terminais de contêineres prioritários para a elaboração de um modelo de avaliação de eficiência operacional de contêineres focada, significativa e mais acertiva.

4 CONCLUSÃO

Uma vez que o comércio internacional é dominado pelo transporte marítimo de contêineres, este demonstra ser um tema de extrema importância de estudo.

A falta de uma gama bem definida de indicadores de desempenho operacional na área portuária representa um grande desafio, não só para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao tema, mas principalmente para auxiliar gestores de terminais de contêineres na tomada de decisões acertivas em relação à melhoria de eficiência operacional e à competitividade.

O presente trabalho alcançou o seu objetivo ao ressaltar treze indicadores prioritários para a avaliação da eficiência operacional de terminais de contêineres, além de ter determinado uma hierarquia e o índice de relevância de cada um em relação aos demais prioritários.

Outro fator que também configura um desafio, e representa uma grande oportunidade de estudos futuros, é a falta de padronização na forma de medição de cada indicador. A definição deste padrão possibilita uma comparação de desempenho entre terminais de contêineres, facilitando o *benchmarking*, as tomadas de decisão e as ações de melhoria.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da CAPES e da UFPR no desenvolvimento deste trabalho através da concessão de bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BALLOU, R.** *Gerenciamento da cadeia de suprimentos / logística empresarial*. 5. ed, Porto Alegre: Bookman, 2010.
- BOWERSOX, D.; CLOSS, D.** *Logística empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas, 2010.
- CARDOSO JUNIOR, R. A. F.** *Hierarquização dos Indicadores de Desempenho da Qualidade Aplicada aos Terminais Portuários de Movimentação de Contêineres*. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes no Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P.** *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Estratégia, planejamento e operação*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.
- CHRISTIANSEN, M.; FAGERHOLT, K.; RONEN, D.** *Ship Routing and Scheduling: Status and Perspectives*. *Transportation Science*, v.38, n.1, p.1-18, 2004.
- CHRISTOPHER, M.** *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: criando redes que agregam valor*. 2. Ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- DE LANGEN, P. W.; SHARYPOVA, K.** *Intermodal connectivity as a port performance indicator*. *Research in Transportation Business & Management*, v.8, p.97-102, 2013.
- GEBRAEEL, N. Z.; LAWLEY, M. A.** *Deadblock detection, prevention, and avoidance for automated tool sharing systems*. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, v.17, n.3, p.342-356, 2011.
- HAUSER, J.; KATZ, G.** *Metrics: You Are What You Measure! European Management Journal*, v.16, n.5, p.517-528, 1998.

HSU, W. *Improving the service operations of container terminals. The International Journal of Logistics Management*, v.24, n.1, p.101-116, 2013.

JIANG, J.; LEE, L. H.; CHEW, E. P.; GAN, C. C. *Port connectivity study: An analysis framework from container liner shipping network perspective. Transportation Research Part E*, v. 73, p. 47-64, 2015.

KIM, K. *Models and methods for operations in port container terminals. In: LANGEVIN, A.; RIOPEL, D. (Ed). Logistics Systems: Design and Optimization. New York: Springer, p. 213-246, 2005.*

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. *A estratégia em ação: Balanced Scorecard. 8ªed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.*

MARTINS, P.; LAUGENI, F. *Administração da Produção. 2ª. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.*

MOURA, R. A.; BANZATTO, J. M. *Embalagem, Unitização e Containerização. Série Manual de Logística: v.3. São Paulo: Iman, 2007.*

NIEDRITIS, A.; NIEDRITE, L.; KOZMINA, N. *Performance measurement framework with formal indicator definitions. Perspectives in Business Informatics Research*, v.90, p.44-58, 2011.

NOBRE, M. *A gestão logística do contêiner vazio. Dissertação de mestrado. Universidade Católica de Santos. Santos, 2006.*

OCCHI, T.; ALMEIDA, C. C. O.; e ROMANINI, A. *Reutilização de containers de armazenamento e transporte como espaços modulados na arquitetura. Anais da Mostra de Pesquisa de Pós-Graduação do IMED*, n.8, Passo Fundo RS, 2015.

PRESTON, P.; KOZAN, E. *A tabu search technique applied to scheduling container transfers. Journal Transportation Planning and Technology*, 24(2), 135-153, 2001.

RASHIDI, H.; TSANG, E. *Novel constraints satisfaction models for optimization problems in container terminals. Applied Mathematical Modelling*, v.37, p.3601-3634, 2013.

REICHER, H.; VACHAL, K. *Product Differentiation And Market Segmentation In Grains And Oilseeds: Implication For Industry In Transition. Identity Preserved Grain – Logistical Overview. Washington (EUA), 2003.*

RODRIGUES, T. A. *Identificação e Hierarquização de Dimensões de Indicadores de Desempenho Operacionais de Terminais de Contêineres no Brasil por meio da Analytic Hierarchy Process (AHP). Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, 2016.*

- SHAN, J.; YU, M.; LEE, C.** *An Empirical Investigation Of The Seaport's Economic Impact: Evidence From Major Ports In China. Transportation Research Part E*, v.69, p.41-53, 2014.
- STEENKEN, D.; VOB, S.; STAHLBOCK, R.** *Container terminal operation and operations research – a classification and literature review. OR Spectrum*, v. 26, p. 3-49, 2004.
- TALLEY, M.; NG, M.** *Maritime transport chain choice by carriers, port and shippers. Int. J. Production Economics*, v.142, p.311-316, 2013.
- TAPIA, R. J.; ZÁRATE, C.; ESTEBAN, A.; VIEIRA, G. B. B.; SENNA, L. A. dos S.** *Proposición y Evaluación de Indicadores de Movimiento de Carga para el puerto de Mar Del Plata. Espacios*, v.35, n.11, p.9-21, 2014.
- TOVAR, B.; HERNÁNDEZ, R.; RODRÍGUEZ-DÉNIZ, H.** *Container Port Competitiveness And Connectivity: The Canary Islands Main Ports Case. Transport Policy*, v.38, p.40-51, 2015.
- VERHOEVEN, P.** *A review of port authority functions: Towards a renaissance? Maritime Policy and Management*, v.37, n.3, p.247-270, 2010.
- WORLD SHIPPING** (2018) *Ports*. Disponível em: <<http://www.worldshipping.org/about-the-industry/global-trade/ports>> Acesso em 07/03/2018.
- ZARZOSO, I. M.; HOFFMANN, J.** *Costes De Transporte Y Conectividad En El Comercio Internacional Entre La Unión Europea Y Latinoamérica. Comercio Internacional y Costes de Transporte. ICE*, n.834, 2007.
- ZHANG, C.; WAN, Y.; LIU, J.; LINN, R. J.** *Dynamic Crane Deployment In Container Storage Yard. Transportation Research Part B: Methodological*, v.36, n.6, p.537-555, 2002.